

ULTRAESTRUCTURA DEL COMPLEJO SINAPTONEMICO EN CONEJO

"*Oryctolagus cuniculus*"

Dr. FERNANDO PALOMINO Q*
Dr. FABIO ANDRES RODRIGUEZ **
GLORIA DE PEREZ ***
JUAN JOSE FILGUEIRA ****
LUIS CARLOS TRUJILLO ****
CLAUDIA P. TINJACA E. ****
JUAN GERMAN RODRIGUEZ ****

INTRODUCCION

El material genético organizado en la cromatina se presenta en forma de masas compactas ya en algunos organismos eucarióticos inferiores tales como algas verdes y pardas, protozoarios y hongos unicelulares. Los cromosomas se observan cuando la célula sufre divisiones, tanto en los procesos histogénicos como en la gametogénesis en los organismos superiores.

En 1952 Watson (2) observó ciertas estructuras densas, que aparecían asociadas a los cromosomas meióticos durante el paquiteno, que más tarde fueron descritas con más detalle por Moses (5) en espermatoцитos de cangrejo. Estas estructuras fueron denominadas "Complejos Sinaptonémicos" (6). Desde entonces el complejo sinaptonémico (CS) ha sido estudiado por muchos investigadores en diferentes

especies, mediante técnicas de microscopía electrónica de transmisión, permitiendo así su reconstrucción tridimensional (7.8.11).

El CS aparece durante la profase meiótica y está constituido por dos elementos laterales de 300-400 A de espesor, por una región central de 100-120 nm de espesor, que constituye la distancia de apareamiento entre dos cromosomas homólogos y por un elemento central de 200-300 A de espesor. Los elementos laterales presentan mayor electrodensidad que la región central (7). (fig. 1).

Los elementos laterales están formados por masas de fibras aparentes (7), con un alto contenido de ADN (3); la región central está constituida por una serie de filamentos transversales, que le confieren una apariencia estriada (7), mientras que el elemento central presenta alternancia de bandas claras y bandas oscuras en forma escalonada.

El CS se encuentra relacionado con la membrana nuclear, ubicándose al igual que los cromosomas perpendicularmente a ella a partir del leptoteno (2, 4, 10), lo cual ha hecho pensar que la

* Instructor Sección de Fisiología. Depto. de Ciencias Fisiológicas.

** Profesor Asistente de Bioquímica.

*** Profesora Asociada de Dedicación Exclusiva. Depto de Biología.

**** Estudiante de Biología.

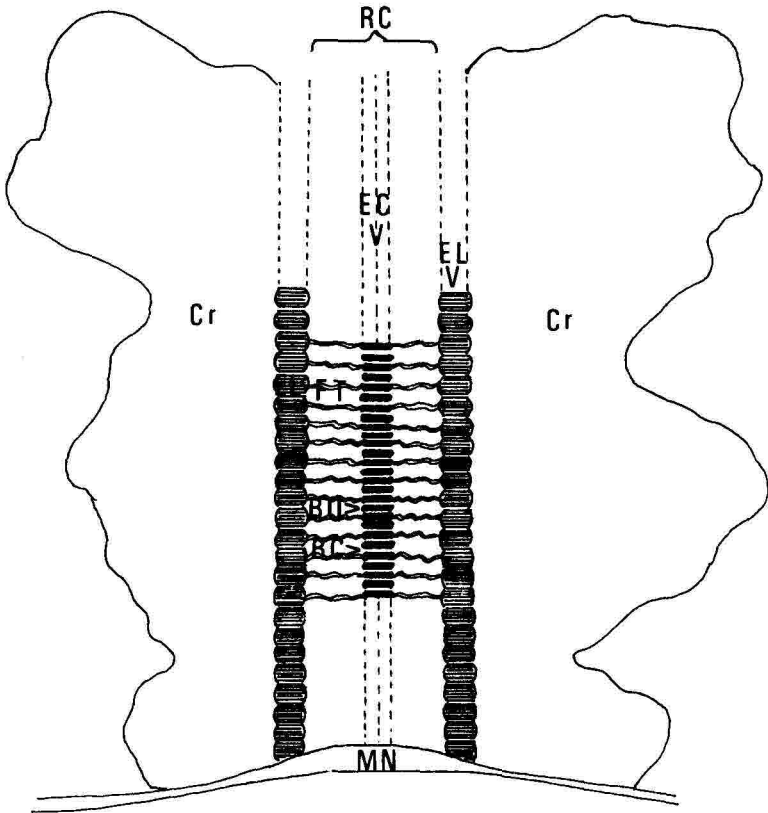


Figura 1. La figura muestra un esquema de la organización estructural del CS en conejo al igual que su asociación con la membrana nuclear MN. Los elementos laterales EL unidos a los cromosomas Cr, se comunican entre si a través de los filamentos transversales FT que constituyen la región central RC. En medio de la región central se encuentra el elemento central EC, constituido por una serie de bandas claras BC alternando con otras oscuras BO, parece ser el que mantiene la estabilidad de la unión de los bivalentes.

membrana nuclear juega un papel importante como organizador de los cromosomas durante su apareamiento (13). Además con el CS se encuentran asociadas otras estructuras como nódulos de recombinación (1), barras de recombinación (9) y cuerpos densos (14); tanto los nódulos como las barras parecen estar relacionados con los sitios donde se forman los quiasmas entre los cromosomas homólogos, pero su función y su naturaleza aún no han sido esclarecidas.

De igual manera, hasta el momento no se ha logrado establecer la función

exacta del CS durante el proceso de apareamiento de los cromosomas: sin embargo se cree que puede tener alguna función importante durante la recombinación meiótica o en el establecimiento de los sitios de entrecruzamiento y formación de quiasmas (3).

En el presente trabajo se describe la ultraestructura del CS y sus componentes en espermatocitos de conejo.

MATERIALES Y METODOS

Se obtuvieron los testículos de conejos entre 6 y 8 meses de edad, mantenidos

bajo condiciones de laboratorio. Se fijaron fragmentos de testículo (3mm de diámetro) en glutaraldehído al 5% durante 24 horas, se sometieron a sacarosa al 7.5% por 17 H. y se postfijaron con bicromato de potasio al 5% más hidróxido de potasio 2.5N (9:1) por 30 min y tetróxido de osmio al 2% durante 80 min. El tejido se deshidrató y se incluyó en Epon-Araldita. Los cortes ultrafinos fueron obtenidos en un ultramicrotomo LKB Ultratome I, contrastados con citrato de plomo y acetato de uranilo y se observaron en un microscopio electrónico de transmisión Jeol 100B con 60 KV de voltaje de aceleración.

RESULTADOS

El análisis de 100 micrografías electrónicas reveló los siguientes resultados:

El CS en conejo se observa como una estructura estable, constituida por tres

zonas con las siguientes características: dos elementos laterales de aproximadamente 450 A de espesor en contacto con los cromosomas, formados por material compacto de naturaleza fibrilar, que muchas veces se confunde con los cromosomas, una región central clara de 850 A de espesor, constituida por filamentos transversales delgados cuyo lugar de origen aparentemente son los elementos laterales, ya que estos presentan ensanchamientos en los sitios de contacto con los filamentos transversales; y un elemento central de 250 A de espesor, formado por la alternancia de zonas claras y zonas oscuras a lo largo del CS, que no siempre se presenta continuo. Ocasionalmente en las células diploténicas el elemento central está formado por dos láminas delgadas, dividiendo el CS en dos partes simétricas (ver figs. 2,3,4,5). En algunas micrografías pueden observarse estructuras ovoidales difusas, atravesando el CS e internándose en los cromosomas.

TABLA 1

La tabla muestra los espesores promedio en Amstrongs, encontrados para el CS y sus componentes, así como las características más importantes de cada uno de ellos.

ESTRUCTURA	ESPESOR (A)	CARACTERISTICAS
CS	1300-1500	Continuo a lo largo de los bivalentes. Estable.
Elemento lateral	450	Mayor electrodensidad. Estriado.
Región central	850	Menor electrodensidad. Presencia de filamentos transversales.
Elemento central	250	Alternancia de bandas.
Bandas claras	25	Constituyente del elemento central.
Bandas oscuras	15	Constituyente del elemento central.

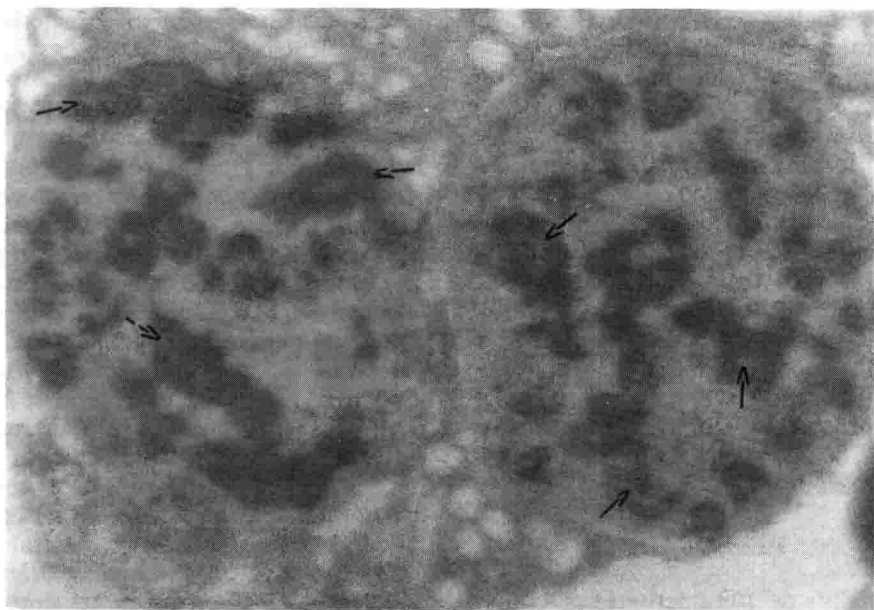


Figura 2. Núcleos de espermatocitos primarios (en sincitio) en profase de la primera división meiótica. Se observa la condensación de los cromosomas y la formación de CSs a lo largo de los bivalentes (flechas). 9250X.

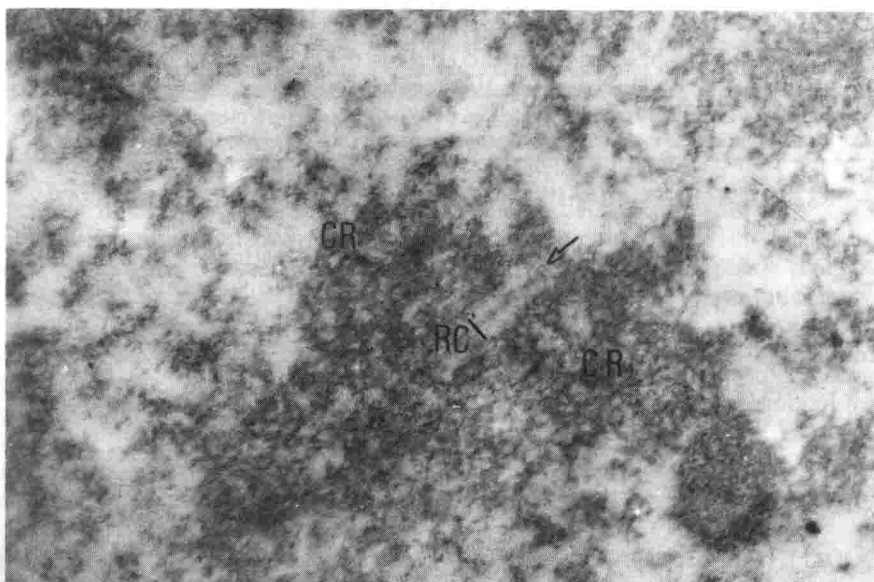


Figura 3. Complejo sinaptonémico en el cual se observan el elemento central (flecha), la región central RC y los cromosomas que aparecen como masas fibrilares en el nucleoplasma CR. 53600X.

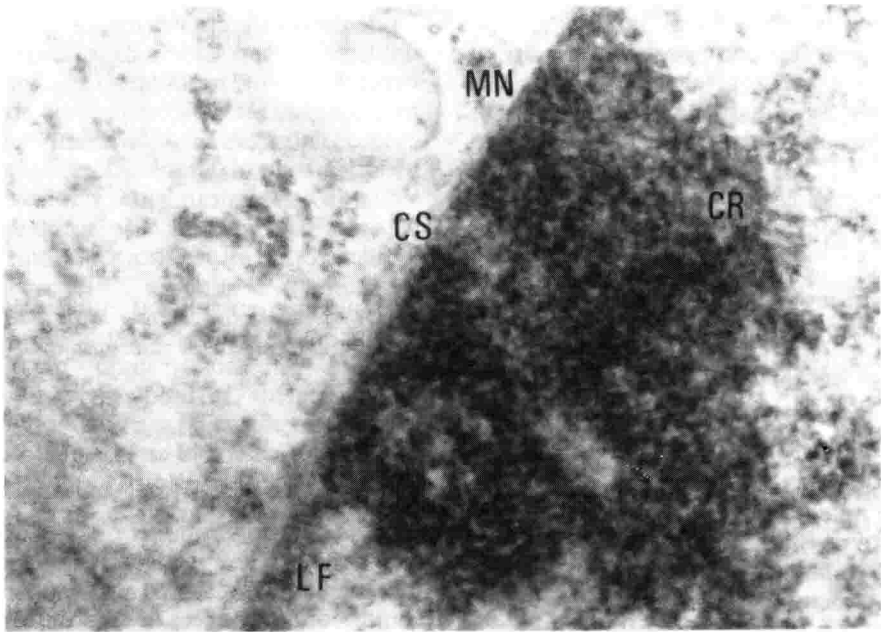


Figura 4. Complejo sinaptonémico CS anclado a la membrana nuclear MN, se observa la lámina fibrosa LF interrumpida, el material cromosómico se distribuye homogéneamente a lo largo del complejo sinaptonémico CR. 40000X

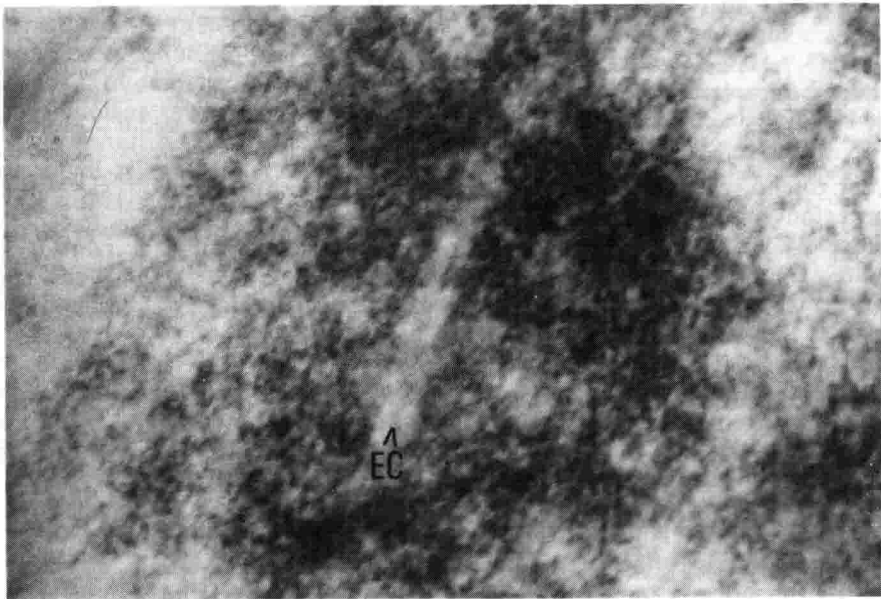


Figura 5. El elemento central EC no se observa siempre continuo, en ocasiones se presenta difuso y entrecortado (flechas). 60000X.

Los elementos laterales se encuentran siempre asociados a la membrana nuclear, presentando proyecciones hacia el citoplasma a nivel de los sitios de asociación, donde la membrana se observa engrosada.

Finalmente es importante mencionar que el CS en conejo aparece totalmente formado a partir del cigoteno y desaparece hacia la etapa final del paquiteno y principio del diploteno de la primera división meiótica.

DISCUSION

El complejo sinaptonémico (CS) en el conejo no había sido descrito previamente en la literatura: se encontró como una estructura bastante homogénea en cuanto a su morfología a todo lo largo de los bivalentes y constituido por tres elementos diferenciables por la electrodensidad que presentan al ser observados al microscopio electrónico, lo cual le confiere una apariencia morfológica bastante similar a la descrita para otras especies (7,9,11,13), conservando la estructura básica característica del mismo.

En el cigoteno se inicia la formación de la región central, a principios del paquiteno el CS se halla totalmente conformado y entre el paquiteno tardío y el diploteno temprano la estructura desaparece. De los tres componentes básicos de la estructura del CS, el elemento central con una electrodensidad intermedia parece ser el eje por medio del cual se mantiene estable la unión de los bivalentes, así como el punto de partida de la disolución del CS, en el momento en el que comienza a dividirse en dos láminas hacia el final de la profase meiótica y a separar los elementos laterales unidos a los cromosomas antes apareados.

La formación del CS durante la profase ha demostrado una vez más ser casi tan universal como la meiosis entre los organismos eucarióticos (13), aunque hasta ahora es desconocido el papel exacto del CS en la recombinación meiótica o en el establecimiento de los sitios de entrecruzamiento y formación de quiasmas, pero ha sido aceptada su implicación en estos procesos (3).

Al igual que en muchas publicaciones previas (2,7,11,14), los resultados presentados en este trabajo muestran frecuentemente la unión del CS a la membrana nuclear, la cual también sufre modificaciones en su morfología en los sitios de asociación.

Esto ha llevado a suponer que el CS y la membrana nuclear podrían actuar conjuntamente a manera de una red fluída como "organizadores cromosómicos", para permitir el acercamiento y apareamiento de cromosomas homólogos, eventos necesarios para el intercambio de material genético durante la recombinación en la profase meiótica (13). En el conejo la asociación de los elementos laterales y la membrana nuclear ocurre en el leptoteno, cuando aún no existe la conformación de la región central, momento en el cual la distancia entre los cromosomas homólogos es la adecuada para que estos se apareen -120nm- (7).

En el conejo se observaron solo raramente otras estructuras que suelen estar asociadas al CS, tales como barras de recombinación (9), nódulos de recombinación (1) y cuerpos densos (14). Sin embargo, se notaron algunas estructuras ovoidales difusas asociadas al CS, cuyo significado desconocemos.

El estudio del CS plantea entonces muchas inquietudes en cuanto a su función durante la meiosis, y esperamos que estudios posteriores utilizando el conejo como modelo puedan dar algunas luces al respecto.

RESUMEN

El CS en conejo es descrito como una estructura constituida por tres elementos, que presentan diferentes electrodensidades al microscopio electrónico: los elementos laterales, la región central y el elemento central. Los elementos laterales se encuentran siempre asociados a la membrana nuclear a partir del leptoteno. El CS se observa totalmente formado en el paquiteno y desaparece entre el paquiteno tardío y diploteno temprano.

SUMMARY

The Synaptonemal complex (SC) of rabbit is described as a structure

constituted by three elements that present different electron densities at the electron microscope: lateral elements, central region and central element. The lateral elements are always found associated to the nuclear envelope since the leptotene stage. The SC is seen completely formed at the pachitene stage and it disappears between late pachitene stage and it disappears between late pachitene and early diplotene.

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Fabio Chaparro Beltrán, Director Ejecutivo del C.E.I.F. y al C.E.M.A.V, por su asistencia en el trabajo fotográfico.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Abirached, M., Brund, J.L.: Ultrastructural changes in nuclear DNA, perinuclear region of the oogonia and primary oocytes of *Caenorabditis elegans*. Bergers strain. *Rev. Nematol.* 1: 63, 1978.
- (2) Dietrich, A. J., Mulder, C.: A light microscopy study of the development and behaviour of the synaptonemal complex in spermatocytes of the mouse. *Chromosoma.* 83: 409, 1981.
- (3) Gillies, J. B.: Synaptonemal complex and chromosome structure. *Ann. Rev. Genet.* 9: 91, 1975.
- (4) Holm, P.D.: Three dimensional reconstruction of chromosome pairing during the zigotene stage of meiosis in liliium. *Carlsberg. Res. Comm.* 42: 103, 1977.
- (5) Moses, M.J.: Chromosomal structure in crayfish spermatocytes. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 2: 215, 1956.
- (6) Moses, M.J.: The relations between the axial complex of meiotic prophase chromosomes and chromosome pairing in a salamander (*Plethodon cinereus*). *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 4: 633, 1958.
- (7) Moses, M.J.: Synaptonemal complex karyotyping in spermatocytes of chinese hamster (*Cricetulus griseus*). I. Morphology of the autosomal complement in spread preparation. *Chromosoma.* 60: 99, 1977.
- (8) Poorman, P., Moses, M.J., Russel, S.S., Casheiro, J.L.: Synaptonemal complex of mouse chromosomal rearrangements. *Chromosoma.* 81: 507, 1981.
- (9) Solari, A.J.: Synaptonemal complex and associated structures in microspread human spermatocytes. *Chromosoma.* 81: 315, 1980.
- (10) Stern, H., Westergaard, M., Wettstein, D.: Presynaptic event in meiocytes of liliium and their relation to crossing-over. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 72: 961, 1975.
- (11) Urena, F., Solari, A.J.: Three dimensional reconstruction of the XY pair during

- pachitene in the rat (*Rattus norvegicus*). *Chromosoma*. 30: 258. 1970.
- (12) Watson, M.: Spermatogenesis in the adult albino rat as revealed by tissue sections in the electron microscope. University of Rochester Atomic Energy project. Report UR-185, 1958.
- (13) Westergaard, M., von Wettstein, D.: The synaptonemal complex. *Ann. Rev. Genet.* 6: 71, 1972.
- (14) Zickler, D.: Development of the synaptonemal complex and the recombination nodules during meiotic prophase in the seven bivalents of the fungus *Sordaria macrospora*. *Chromosoma*. 61: 289, 1979.